

Publication number: JP2002055722

Publication date: 2002-02-20

Inventor: SUZUKI CHIAKI; HARAYAMA MASAMI

Applicant: NIPPON KOKAN KK

Classification:

- international: **F28F27/00; G05D23/19; F28F27/00; G05D23/19; (IPC1-7): G05D23/19; F28F27/00**

- European:

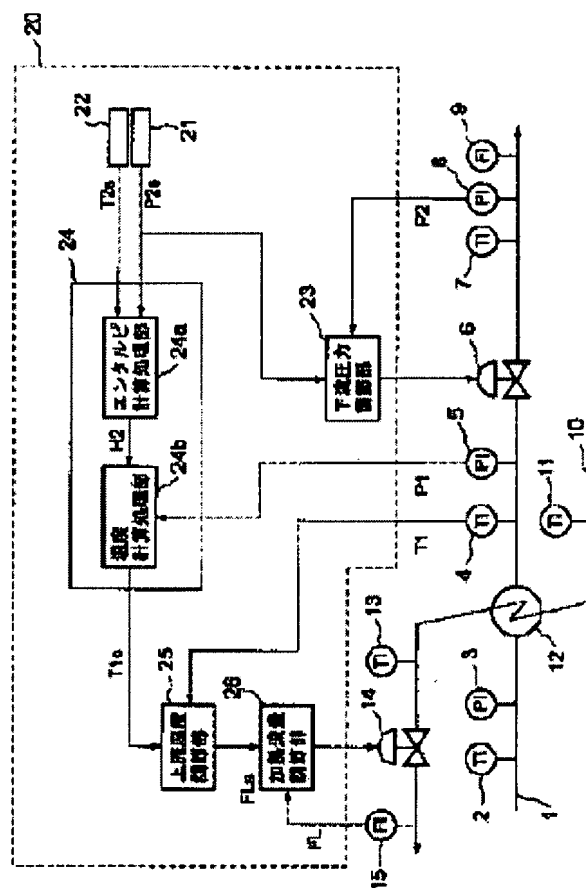
Application number: JP20000245840 20000814

Priority number(s): JP20000245840 20000814

Report a data error here

Abstract of JP2002055722

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a gas temperature controller capable of performing stable temperature control by a relatively simple control system when a heat exchanger is positioned away from a pressure reducing valve and even when the flow velocity of gas is slow. **SOLUTION:** This gas temperature controller is composed of a means for setting and inputting a target pressure value 21 and first target temperature value 22 of gas after going through an isenthalpic change process 6, an enthalpy calculating means 24a for calculating a target enthalpy owned by gas after going through the process from the target pressure valve and the first target temperature value, a temperature calculating means 24b for calculating the second target temperature value of gas before going through the process from the target enthalpy and the gas pressure result value of the position before going through the process and after going through the heat exchanging facility, and a means 26 for controlling the heat exchanging facility so that the gas temperature before going through the process can reach the second target temperature value.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-55722
(P2002-55722A)

(43) 公開日 平成14年2月20日 (2002.2.20)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 5 D 23/19

F 2 8 F 27/00

識別記号

5 1 1

F I

C 0 5 D 23/19

F 2 8 F 27/00

テーマコード(参考)

J 5 H 3, 2 3

5 1 1 D

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-245840 (P2000-245840)

(22) 出願日 平成12年8月14日 (2000.8.14)

(71) 出願人 000004123

日本鋼管株式会社

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

(72) 発明者 鈴木 千明

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(72) 発明者 原山 昌巳

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

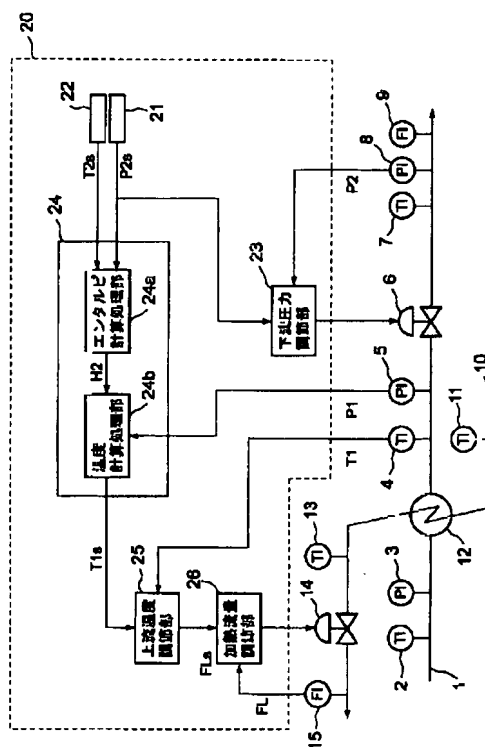
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 気体温度制御装置

(57) 【要約】

【課題】 熱交換器と減圧弁の距離が離れている場合で、かつ、気体の流速が遅い場合にも、比較的単純な制御系によって、安定した温度制御が可能となる気体温度制御装置を提供する。

【解決手段】 本発明は、等エンタルピ変化プロセス6通過後における気体の目標圧力値21と第1の目標温度値22を設定入力する手段と、前記目標圧力値と第1の目標温度値から、前記プロセス通過後の気体が保有する目標エンタルピを算出するエンタルピ算出手段24aと、前記目標エンタルピと、前記プロセス通過前前記熱交換設備通過後の位置の気体圧力実績値から、前記プロセス通過前における気体の第2の目標温度値を計算する温度計算手段24b、前記プロセス通過前における気体温度が前記第2の目標温度値となるように、前記熱交換設備を制御する手段26とで構成している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 気体を加熱もしくは冷却する熱交換設備と、前記熱交換設備の後流に配置された等エンタルピ変化プロセスを備えたパイプラインにおける気体温度制御装置において、

前記プロセス通過後における気体の目標圧力値(21)と第1の目標温度値(22)を設定入力する手段と、前記目標圧力値と第1の目標温度値から、前記プロセス通過後の気体が保有する目標エンタルピを算出するエンタルピ算出手段(24a)と、前記目標エンタルピと、前記プロセス通過前で前記熱交換設備通過後の位置の気体圧力実績値から、前記プロセス通過前における気体の第2の目標温度値を計算する温度計算手段(24b)と、前記プロセス通過前における気体温度が前記第2の目標温度値となるように、前記熱交換設備を制御する手段(25)とを備えたことを特徴とする気体温度制御装置。

【請求項2】 気体を加熱もしくは冷却する熱交換設備と、前記熱交換設備の後流に配置された等エンタルピ変化プロセスを備えたパイプラインにおける気体温度制御装置において、

前記プロセス通過後における気体の目標圧力値(21)と第1の目標温度値(22)を設定入力する手段と、前記目標圧力値と第1の目標温度値から、前記プロセス通過後の気体が保有する目標エンタルピを算出するエンタルピ算出手段(24a)と、前記目標エンタルピと、前記プロセス通過前で前記熱交換設備通過後の位置の気体圧力実績値から、前記プロセス通過前における気体の第2の目標温度値を算出する温度計算手段(24b)と、前記プロセス通過後の気体温度実績値と前記第1の目標温度値から、前記第2の目標温度値を補正して前記プロセス通過前における第3の目標温度値を算出する温度算出手段(28)と、前記プロセス通過前における気体温度が前記第3の目標温度値となるように、前記熱交換設備を制御する手段(25)とを備えたことを特徴とする気体温度制御装置。

【請求項3】 気体を加熱もしくは冷却する熱交換設備と、前記熱交換設備の後流に配置された等エンタルピ変化プロセスを備えたパイプラインにおける気体温度制御装置において、

前記プロセス通過後における気体の目標圧力値(21)と目標温度値(22)を設定入力する手段と、前記目標圧力値と目標温度値から前記プロセス通過後の気体が保有する目標エンタルピを算出する第1のエンタルピ算出手段(44a)と、前記熱交換設備通過前の気体圧力実績値と気体温度実績値から、前記気体が保有する初期エンタルピを算出する

第2のエンタルピ算出手段(44c)と、

前記目標エンタルピ、前記初期エンタルピおよび前記プロセスを通過する気体の質量流量から前記熱交換設備において熱交換すべき熱量を算出してその熱量が気体に与えられるように前記熱交換設備の制御目標値を算出する手段(44b)と、

前記制御目標値に基づいて前記熱交換設備を制御する手段(48)とを備えたことを特徴とする気体温度制御装置。

【請求項4】 気体を加熱もしくは冷却する熱交換設備と、前記熱交換設備の後流に配置された等エンタルピ変化プロセスを備えたパイプラインにおける気体温度制御装置において、

前記プロセス通過後における気体の目標圧力値(21)と目標温度値(22)を設定入力する手段と、前記目標圧力値と目標温度値から前記プロセス通過後の気体が保有する目標エンタルピを算出する第1のエンタルピ算出手段(44a)と、前記熱交換設備通過前の気体圧力実績値と気体温度実績値から、前記気体が保有する初期エンタルピを算出する第2のエンタルピ算出手段(44c)と、前記目標エンタルピ、前記初期エンタルピおよび前記プロセスを通過する気体の質量流量から前記熱交換設備において熱交換すべき熱量を算出してその熱量が気体に与えられるように前記熱交換設備の第1の制御目標値を算出する手段(44b)と、前記プロセス通過後の気体温度実績値と前記目標温度値から、前記熱交換設備の第1の制御目標値を補正して前記熱交換設備の第2の制御目標値を算出する手段(47)と、前記第2の制御目標値に基づいて前記熱交換設備を制御する手段(48)とを備えたことを特徴とする気体温度制御装置。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれか1項に記載の気体温度制御装置において、等エンタルピ変化プロセスは、気体圧力を減圧するプロセスであることを特徴とする気体温度制御装置。

【請求項6】 請求項1乃至4のいずれか1項に記載の気体温度制御装置において、前記熱交換設備を制御する手段は、その設備に用いる熱交換用媒体の流量を制御するものであることを特徴とする気体温度制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、エンタルピ変化の無いプロセスにおける気体温度を制御する気体温度制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】気体燃料を用いて燃焼させ、そのエネルギーを利用して設備を運転するプラントにおいては、燃

料流量、燃料圧力、燃料温度を所定の値に保持することが、安定な燃焼状態を得るために必要な条件である。このため、燃料ラインには、通常、これらの値を制御するための設備が備わっている。このうち、燃料圧力を所定の値に制御するための減圧設備は減圧弁の開度を制御することによって気体の通過流量を制限し、下流の圧力を下げて一定値に保つ働きを行うものである。

【0003】一般に気体は減圧プロセスを通過する際には、断熱膨張を起こすため、減圧弁通過後においては気体の温度は低下することになる。特に減圧後の圧力変化が大きい場合にはこの温度低下も大きいものであるため、このような温度低下が問題となるようなプラントにおいては、減圧弁を通過する前に気体を予め加熱しておき、減圧後の気体温度を補償して、減圧後において所定の温度となるように制御している。

【0004】図11は、従来の温度制御方法を説明するための構成図である。

【0005】この制御方法を図を参照して説明する。

【0006】燃料ラインを流れる気体燃料51は熱交換器58を経由して減圧弁52で減圧された後、温度計53でその温度が測定される。温度測定値54は温度制御装置55に入力され、温度設定値56と比較される。温度測定値54が温度設定値56よりも高い場合は、温度制御装置55は流量制御弁57の開度を絞り、熱交換器58を流れる加熱流体59の流量を少なくして交換される熱量を減少させ、気体燃料51の温度を下げる。これと反対に、温度測定値54が温度設定値56よりも低い場合は、温度制御装置55は流量制御弁57の開度を開き、熱交換器58を流れる加熱流体59の流量を増して交換される熱量を増加し、気体燃料51の温度を上昇させる。

【0007】このように温度計による測定値をフィードバックして、熱交換器の加熱流量を温度制御装置55でPID制御することで、気体燃料の制御が行われている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、プラントを建設するに際しては、使用できるスペースの制約があるため、気体加熱用熱交換器の設置場所と減圧弁の設置場所が大きく離れてしまうことがある。この場合には、従来の方法では精度良く温度を制御することが困難となっていた。この制御が不安定となる原因は、熱交換器で加熱された気体が減圧弁の下流にある温度計の位置に到達するまでの遅れ時間が増加し、変化するためである。

【0009】即ち、気体燃料の流量が多い場合は流速が速い結果、前記遅れ時間が比較的に小さくなり、制御上安定するが、気体燃料の流量が少ない場合には流速が遅くなる結果、前記遅れ時間が大きくなるため、制御が不安定になるという問題が発生する。この制御の不安定さ

は、制御系に含まれる遅れ時間が大きいためであり、またさらに、この遅れ時間が一定でなく運転状況によって変化することが原因である。従って、従来技術で説明したような単一のPID定数に基づく調節計によってこのような対象を制御することは、本質的に限界がある。

【0010】かかる、対象の制御特性が変化するプロセスを制御する方法として、モデル化による手法が知られている。この手法は、対象をモデル化し、そのモデルをベースとして制御しようとする状態量を予測し、その予測値に基づいて操作量を決定するものである。

【0011】しかしながら、この手法においては対象のモデル化が適切に行われていることが前提となるが、一般的に対象に関する正確な情報を入手することには困難が多いため、正確なモデルを作成することも困難が多い。また、正確な情報が入手できる場合であっても、時々刻々変化する対象から正確な状態量を入手する手段を備え、かつ、その状態量に対応して適切な制御パラメータを決定してコントローラのパラメータを変更する処理を行おうとすれば、制御装置が複雑化することは避けられない。

【0012】本発明は、従来技術のかかる問題点に鑑みてなされたものであり、熱交換器と減圧弁の距離が離れている場合で、かつ、気体の流速が遅い場合にも、比較的単純な制御系によって、安定した温度制御が可能となる気体温度制御装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記課題を解消するために、本発明に関わる気体温度制御装置は、気体を加熱もしくは冷却する熱交換設備と、前記熱交換設備の後流に配置された等エンタルピ変化プロセスを備えたパイプラインにおける気体温度制御装置において、前記プロセス通過後における気体の目標圧力値と第1の目標温度値を設定入力する手段と、前記目標圧力値と第1の目標温度値から、前記プロセス通過後の気体が保有する目標エンタルピを算出するエンタルピ算出手段と、前記目標エンタルピと、前記プロセス通過前で前記熱交換設備通過後の位置の気体圧力実績値から、前記プロセス通過前における気体の第2の目標温度値を計算する温度計算手段と、前記プロセス通過前における気体温度が前記第2の目標温度値となるように、前記熱交換設備を制御する手段とを備えた構成である。

【0014】このように構成することにより、温度制御すべき制御対象位置を減圧弁後の位置から熱交換器直後の位置に変更できるため、温度制御上で問題とされる、気体が移動することに伴う遅れ時間の発生を最小限に抑えることができる。

【0015】また、本発明に関わる気体温度制御装置は、気体を加熱もしくは冷却する熱交換設備と、前記熱交換設備の後流に配置された等エンタルピ変化プロセスを備えたパイプラインにおける気体温度制御装置におい

て、前記プロセス通過後における気体の目標圧力値と第1の目標温度値を設定入力する手段と、前記目標圧力値と第1の目標温度値から、前記プロセス通過後の気体が保有する目標エンタルピを算出するエンタルピ算出手段と、前記目標エンタルピと、前記プロセス通過前で前記熱交換設備通過後の位置の気体圧力実績値から、前記プロセス通過前における気体の第2の目標温度値を算出する温度計算手段と、前記プロセス通過後の気体温度実績値と前記第1の目標温度値から、前記第2の目標温度値を補正して前記プロセス通過前における第3の目標温度値を算出する温度算出手段と、前記プロセス通過前における気体温度が前記第3の目標温度値となるように、前記熱交換設備を制御する手段とを備えた構成である。

【0016】以上のように構成することで、制御すべき気体の温度が必ずしも目標温度に一致しないような環境にある場合でも、目標温度に制御することができる。

【0017】次に、本発明の気体温度制御装置は、気体を加熱もしくは冷却する熱交換設備と、前記熱交換設備の後流に配置された等エンタルピ変化プロセスを備えたパイプラインにおける気体温度制御装置において、前記プロセス通過後における気体の目標圧力値と目標温度値を設定入力する手段と、前記目標圧力値と目標温度値から前記プロセス通過後の気体が保有する目標エンタルピを算出する第1のエンタルピ算出手段と、前記熱交換設備通過前の気体圧力実績値と気体温度実績値から、前記気体が保有する初期エンタルピを算出する第2のエンタルピ算出手段と、前記目標エンタルピ、前記初期エンタルピおよび前記プロセスを通過する気体の質量流量から前記熱交換設備において熱交換すべき熱量を算出する手段と、前記熱交換すべき熱量が気体に与えられるように前記熱交換設備を制御する手段とで構成されている。

【0018】以上の構成とすることにより、必要な熱交換を予め行うように制御できるため温度制御の応答性がより向上する。

【0019】更に、本発明の気体温度制御装置は、気体を加熱もしくは冷却する熱交換設備と、前記熱交換設備の後流に配置された等エンタルピ変化プロセスを備えたパイプラインにおける気体温度制御装置において、前記

$$H=U+PV$$

ここで、Hはエンタルピ、Uは内部エネルギー、Pは圧力、Vは体積である。

【0028】いま、(1)式を気体に関して適用すれば、気体の内部エネルギーUは温度Tをパラメータとする関数で表すことができるため、気体のエンタルピHは気体の圧力P、体積V、温度Tの3つの変数によって記述されることになる。

【0029】一方、気体においては圧力P、体積V、温度Tの3つの変数は互いに各種の経験的状態方程式において、ある近似的な関係式で結ばれることが、実在気体について確認されている。従って、この状態方程式を用

プロセス通過後における気体の目標圧力値と目標温度値を設定入力する手段と、前記目標圧力値と目標温度値から前記プロセス通過後の気体が保有する目標エンタルピを算出する第1のエンタルピ算出手段と、前記熱交換設備通過前の気体圧力実績値と気体温度実績値から、前記気体が保有する初期エンタルピを算出する第2のエンタルピ算出手段と、前記目標エンタルピ、前記初期エンタルピおよび前記プロセスを通過する気体の質量流量から前記熱交換設備において熱交換すべき熱量を算出する手段と、前記熱交換すべき熱量が気体に与えられるように前記熱交換設備の第1の制御目標値を算出する手段と、前記プロセス通過後の気体温度実績値と前記目標温度値から、前記熱交換設備の第1の制御目標値を補正して前記熱交換設備の第2の制御目標値を算出する手段と、前記第2の制御目標値に基づいて前記熱交換設備を制御する手段を備えた構成としている。

【0020】このように構成することにより、制御すべき気体の温度が必ずしも目標温度に一致しないような環境にある場合でも、気体温度を目標値に制御することができる。

【0021】更に、本発明に関わる気体温度制御装置は、気体圧力を減圧するプロセスで適用することができるように構成している。

【0022】このように構成することで、多くのパイプラインにおいて幅広く適用することができる。

【0023】また、本発明に関わる気体温度制御装置は、前記熱交換設備を制御する手段が、その熱交換設備に用いる熱交換用媒体の流量を制御するように構成している。

【0024】このように構成することで、一般的な熱交換設備を用いて確実に制御することができる。

【0025】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態の説明に先立ち、本発明の原理について説明する。

【0026】一般に物質のエンタルピは(1)式で表される。

【0027】

…(1)

いると、3つの変数のうち1つの変数は残りの2つの変数で表すことができることになり、結局、気体のエンタルピHは、圧力P、体積V、温度Tの3つの変数のうちの2つの変数によって近似的に表すことが可能である。

【0030】このことは、「化学熱力学線図」原 徹 著、化学工業社、昭和45年発行、に記載されている線図によっても明らかである。この文献には、ある気体のエンタルピを圧力と温度によって表現した線図が掲載されている。

【0031】図1は前記先行文献に記載されてある線図に基づいて、エンタルピH、圧力Pおよび温度Tの関係

を模式的に示した図である。

【0032】本図では、縦軸に圧力P、横軸にエンタルピHを取り、温度Tをパラメータとして表現している。この図から圧力がP1、温度がT1のときにエンタルピはH1であり、圧力がP1、温度がT2のときにエンタルピはH2であることが一意的に定まることがわかる。

$$H = F(P, T)$$

更に、上記の関係とは逆に、エンタルピHと圧力Pが決まれば、温度Tを一意に決定することが可能である。

【0035】この関係は関数Gを用いて(3)式で表現

$$T = G(H, P)$$

今、気体が多孔物質あるいは弁を通して流れる場合を考える。その流れの運動エネルギーの変化が無視できるほどに小さければ、その流れのエンタルピ変化は0である。即ち、周囲との熱交換が無いプロセスを通過する場合には、そのプロセス通過前後の気体エンタルピ(熱力学的なエネルギー)は保存される。このようなプロセスは等エンタルピ変化プロセスと呼ばれる。

【0037】本発明は、上述の関係を用いて、等エンタルピ変化プロセスである減圧弁の下流の温度制御を行う

$$H_2 = F(P_{2s}, T_{2s})$$

一方、減圧弁は等エンタルピ変化プロセスであるため、減圧弁通過前後において気体のエンタルピは保存される。従って、減圧弁通過前の気体温度目標値T1sは、

$$T_{1s} = G(H_2, P_1)$$

(5)式に(4)式を代入して、(6)式が得られる。

$$T_{1s} = G(F(P_{2s}, T_{2s}), P_1) \quad \dots (6)$$

この結果、(6)式により求められた気体温度目標値で、例えば熱交換器直後位置の温度を制御すれば、減圧弁通過後の温度を目標温度に制御することができることを示している。

【0043】このため、温度制御すべき制御対象位置を減圧弁後の位置から熱交換器直後の位置に変更することが可能になり、温度制御上で問題とされる、気体が移動することに伴う遅れ時間の影響を最小限に抑えることが可能となる。

$$H_0 = F(P_0, T_0)$$

$$Q = (H_2 - H_0) \times K$$

この(8)式は、熱交換器であたえべき熱量が、熱交換器に入力する前の気体圧力P0と気体温度T0を測定することによって、すでに求められることを示している。

【0047】一般的に、物質の温度は熱の伝達により変化するものであるため、気体のような熱伝達率の小さい物質を対象とした温度制御においては時定数が大きく、応答性が良くない。したがって、気体温度が一定値に制御されるまでには、十分な時間が必要となる。

【0048】しかしながら、このような場合でも(8)式により必要な熱交換量を定量化できるため、この所定の熱交換が行われるよう予め熱交換器を調節しておけば、温度制御の応答性をより一層高めることができる。以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。図

ルピはH2であることが一意的に定まることがわかる。

【0033】従って、前記関係は関数Fを用いて(2)式で表現できる。

【0034】

... (2)

できる。

【0036】

... (3)

もので、その制御方法は次の2つの考え方に基づいている。

【0038】第1の考えに基づく制御方法は、温度制御すべき制御対象位置を変更するものである。

【0039】減圧弁通過後の気体の目標圧力P2sと目標温度T2sから、(4)式によって目標エンタルピH2を算出する。

【0040】

... (4)

減圧弁通過前の気体圧力測定値P1と目標エンタルピH2を用いて、(5)式で求めることができる。

【0041】

... (5)

【0042】

... (6)

【0044】第2の考えに基づく制御方法は、制御対象を温度から熱交換量に変更するものである。

【0045】気体の単位時間当りの重量である質量流量K(Kg/H)が測定可能な場合は、先ず熱交換器入口前の気体の初期圧力P0と初期温度T0とから(7)式を用いて算出した初期エンタルピH0と、(4)式を用いて求めた目標エンタルピH2を用いて、熱交換器で与えるべき単位時間当たりの熱量Qを(8)式で算出できる。

【0046】

... (7)

... (8)

2は本発明に係る温度制御装置の第1の実施の形態を示す構成図である。先ず制御の対象となるプロセスについて説明する。

【0049】気体燃料が流れる燃料ライン1にはこの気体燃料を加熱するための熱交換器12と気体燃料の圧力を調整するための減圧弁6が設置され、さらにこれらの設備を用いて温度制御を行うために必要なセンサである、加熱前温度計2、加熱前圧力計3、上流温度計4、上流圧力計5、下流温度計7、下流圧力計8および下流流量計9が設けられている。

【0050】前記燃料ライン1を流通する気体燃料を加熱するための加熱ライン10には前記熱交換器12に供給する加熱流体の流量を調節する加熱流量調節弁14

と、加熱流量制御を行うために必要とされるセンサである、熱交換器入口温度計11、熱交換器出口温度計13および加熱流量計15が設けられている。

【0051】以上のように構成されるプラントの燃料気体温度を制御するため、本発明に係る気体温度制御装置20は、制御すべき圧力目標値を設定する下流圧力設定器21と第1の目標温度値を設定する下流温度設定器22、燃料気体の圧力を調節する下流圧力調節部23、エンタルピに関する計算を行って第2の目標温度値である上流温度目標値を算出するエンタルピ算出処理部24、前記上流温度目標値に基づいて加熱流量目標値を出力する上流温度調節部25、前記加熱流量目標値に従って加熱流量を制御する加熱流量調節部26によって構成されている。

【0052】また、上記エンタルピ算出処理部24は、下流圧力目標値と下流温度目標値から目標エンタルピH2を計算するエンタルピ計算処理部24a、前記目標エンタルピH2と上流圧力測定値P1から上流温度目標値を算出する温度計算処理部24bで構成されている。

【0053】次に、以上のような装置の動作について説明する。

【0054】まず、制御すべき気体燃料の圧力と温度の

$$H=A(P) \times B(T) + C(P) \quad \dots (9)$$

ここで、A、Cは圧力Pの関数、Bは温度Tの関数を表す。

【0059】また、逆にこの(9)式を用いれば、温度

$$B(T) = \{H - C(P)\} / A(P) \quad \dots (10)$$

そして、B(T)が求まれば、その逆関数でTを求めることができる。

【0061】図3に本装置において関数を表現する方法を示す。本装置においては、最大6点の登録ポイントを結んだ折れ線近似によって任意の関数を表現する、関数ブロックと呼ばれる機能を用いて、エンタルピHを求めるための関数A、B、Cについて関数機能を実現している。

【0062】尚、関数ブロックではなく、図4に示す2次元テーブルを作成し、そのテーブルを参照して値を求めることもできる。このテーブルは圧力Pと温度Tより

$$P1 < Pn < P2, \quad T1 < Tn < T2 \quad \dots (11)$$

$$Hn = Ha + (Tn - T1) \times (Hb - Ha) / (T2 - T1) \quad \dots (12)$$

ここで、 $Ha = H11 + (Pn - P1) \times (H21 - H11) / (P2 - P1)$

$Hb = H12 + (Pn - P1) \times (H22 - H12) / (P2 - P1)$

図5に本発明に係る、エンタルピ計算処理部24aの構成を示す。

【0065】この処理は、入力値に対応した所定の関数の値を出力する関数ブロックと、入力値同士を乗算して結果を出力する乗算ブロックと、複数の入力値を加算して結果を出力する加算ブロックによって構成している。

目標値を、下流圧力設定器21と下流温度設定器22を用いて設定する。この設定された下流圧力目標値P2に基づいて下流圧力調節部23は下流における制御対象の1つである圧力を所定値に制御する。

【0055】これと並行して、エンタルピ算出処理部24においては、エンタルピ計算処理部24aが、設定入力された下流圧力目標値P2sと下流温度目標値T2sから目標エンタルピH2を計算し、また温度計算処理部24bが、この目標エンタルピH2と上流圧力P1から上流温度目標値T1sを計算する。

【0056】エンタルピ算出処理部24における、目標エンタルピH2と上流温度目標値T1sの算出は以下の原理と方法に基づいて行われる。

【0057】発明者らは圧力Pと温度TによってエンタルピHを求める算出方法について鋭意検討を重ねた。その結果、複数のガス組成からなる混合気体である気体燃料についても、単組成の気体に関する図1に示す線図とは形が異なるものの、(2)式と(3)式が成立する線図で表現できること、さらにその気体燃料の使用される温度と圧力範囲内では、エンタルピHは次の(9)式で近似的に表すことができることを見出した。

【0058】

TはエンタルピHと圧力Pとによって(10)式で表わされる。

【0060】

エンタルピHを求めるものであり、列方向には圧力Pのレンジを分割した値を格納し、行方向には温度Tのレンジを分割した値を格納した構成である。

【0063】このテーブルを用いれば、例えば、圧力P2、温度T2のときのエンタルピの値は、図4においては対応した行列の交点の位置にあるH22として求めることができる。もし、圧力Pnと温度Tnがレンジを分割した値の間にある場合、即ち(11)式の関係にある場合には、エンタルピHnは(12)式で求めることができる。

【0064】

【0066】図5において、下流圧力目標値P2は関数ブロック30と関数ブロック32に入力され、所定の関数Aに対応した値A(P2s)と、関数Cに対応した値C(P2s)とを算出する。また、下流温度目標値T2sは関数ブロック31に入力され、所定の関数Bに対応した値B(T2s)を算出する。

【0067】続いて、値A(P2s)と値B(T2s)を乗算ブロック33により乗算した結果を、加算ブロック34で値C(P2s)と加算して目標エンタルピH2を算出する。

【0068】以上の動作によって、エンタルピ処理部24aは(9)式に基づくエンタルピを算出している。

【0069】図6に、温度計算処理部24bの構成を示す。

【0070】この処理部は、入力値に対応した所定の関数の値を出力する関数ブロックと、入力値同士を減算して結果を出力する引算ブロックと、入力値同士を除算して結果を出力する除算ブロックによって構成している。

【0071】図6において、上流圧力P1は関数ブロック30と関数ブロック32に入力され、所定の関数Aに対応した値A(P1)と、関数Cに対応した値C(P1)とを算出する。続いて、目標エンタルピH2から値C(P1)を減じた値が引算ブロック35で計算され、この結果と値A(P1)が除算ブロック36で除算されて上流温度目標値T1sの関数値B(T1s)が求められる。更に、この値B(T1s)は、関数Bの逆関数を出力するように構成された関数ブロック37に入力され、(10)式に基づく上流温度目標値T1sが算出される。

【0072】以上説明した温度計算処理部24bの動作によって求められた上流温度目標値T1sを、図2に示す上流温度調節部25の設定値として入力する。上流温度調節部25では前記上流温度目標値T1sと測定値である上流温度T1との偏差を求め、この偏差に対応した制御信号FLsを加熱流量調節部26に入力する。加熱流量調節部26は加熱流体の流量FLの制御ループを構成するとともに、制御信号FLsに対応して加熱流量の目標値を変更するカスケード制御を行い、上流温度T1を応答性良く上流温度目標値T1sに制御する。

【0073】尚、本制御系の構成においてカスケード制御を用いたのは温度制御の応答性を高めることを目的としたためであるが、応答性が特に必要とされない場合は、図7に示すように、加熱流量調節部26を省略し上流温度調節部25の出力で直接加熱流量調節弁14を制御するように構成しても良い。

【0074】以上のように構成することにより、温度制御すべき制御対象位置を減圧弁後の位置から熱交換器直後の位置に変更できるため、温度制御上で問題とされる、気体が移動することに伴う遅れ時間の発生を最小限に抑え、簡便な構成によって精度よく制御することができる。

【0075】また、本実施の形態では、熱交換器を流れる加熱流体を制御することにより気体燃料の温度を制御するよう構成しているが、加熱流体に替えて冷却流体を流すなどの冷却手段によって気体燃料の温度を制御しても良く、この場合にあっては本実施の形態と同様に構成された装置で実現することができる。

【0076】次に、図8に本発明に係る温度制御装置の第2の実施の形態である制御ブロック図を示す。

【0077】本実施の形態を説明するに、ここでは、そ

の要部についてのみ述べ、図2に記載した第1の実施の形態と同じ構成部分については、再度の説明は行わず、以下の説明においては同一の番号を付して引用する。

【0078】本実施の形態では、第1の実施の形態の制御装置に加えて、下流温度調節部27と加算器28が新たに設けられた構成である。

【0079】下流温度調節部27には第1の目標温度値である下流温度目標値T2sと下流温度T2が入力され、その両信号の偏差に対応した制御信号を加算器28に出力する。加算器28ではエンタルピ算出処理部24で算出された第2の目標温度値である上流温度目標値に前記制御信号を加算した値を、第3の目標温度値である新たな上流温度目標値T1sとして上流温度調節部25に出力する。

【0080】今、下流温度T2が設定値T2sよりも低い場合は、下流温度調節部27は正值の制御信号を出力するため、上流温度調節部25の設定値として与えられる上流温度目標値T1sは、エンタルピ算出処理部24の算出結果よりも大きな値となる。このため、加熱流量調節部26ではより多くの加熱流量を流すように加熱流量調節弁14の開度を調節する。

【0081】下流温度T2が設定値T2sよりも高い場合は、前述の制御動作とは逆の働きによって、加熱流量調節部26ではより少ない加熱流量を流すように加熱流量調節弁14の開度を調節する。

【0082】このように、本実施の形態では、上流温度調節部25の設定値T1sをエンタルピ算出処理部24の算出結果のみで決定するのではなく、下流温度T2によって補正するように構成している。

【0083】以上のように構成することで、例えば、エンタルピ計算の精度が良くない場合、配管からの放熱量の季節変動、その他の要因により下流温度T2が必ずしも目標温度に一致しない場合にあっては、下流温度T2の値をフィードバックすることで目標温度に到達させることができる。

【0084】また、本実施の形態では、熱交換器を流れる加熱流体を制御することにより気体燃料の温度を制御するよう構成しているが、加熱流体に替えて冷却流体を流すなどの冷却手段によって気体燃料の温度を制御しても良く、この場合にあっては本実施の形態と同様に構成された装置で実現することができる。

【0085】次に、図9に本発明に係る気体温度制御装置の第3の実施の形態である制御ブロック図を示す。

【0086】第3の実施の形態に係る気体温度制御装置40は、制御すべき目標値を設定する下流圧力設定器41と下流温度設定器42、燃料気体の圧力を調節する下流圧力調節部43、エンタルピに関する計算を行って加熱流量目標値を算出するエンタルピ算出処理部44、前記加熱流量目標値に従って加熱流量を制御する加熱流量調節部48によって主たる制御部分を構成している。

【0087】さらに、前記制御性能を良くするために、下流温度設定器42の目標値に基づいて加熱流量補正値を出力する下流温度調節部46と加算器47を備えている。

【0088】また、上記エンタルピ算出処理部44は、下流圧力目標値P2sと下流温度目標値T2sから第1のエンタルピである目標エンタルピH2を計算する目標エンタルピ計算処理部44a、加熱前圧力P0と加熱前温度T0から第2のエンタルピである初期エンタルピH0を計算する初期エンタルピ計算処理部44c、前記目標エンタルピH2と初期エンタルピH0等から熱交換すべき熱量を算出して第1の制御目標値である加熱流量目標値を出力する目標流量計算処理部44bで構成されている。

【0089】次に、以上のような装置の動作について説明する。

【0090】本、第3の実施の形態における気体温度制御の対象となるプロセスの構成は、図2を参照して説明した第1の実施の形態と同じ構成であるため、ここでは再度の説明は行わず、以下の説明において同一の番号を

$$Q_s = (H_2 - H_0) \times F_g$$

ここで、Fgは下流流量計9で測定した下流流量である。

【0095】熱交換器によって与えられる熱量Qrは、

$$Q_r = (T_0 - T_1) \times FL \times CL \quad \dots (14)$$

ここで、T0は熱交換器入口温度計11で測定した温度

T1は熱交換器出口温度計13で測定した温度

FLは加熱流量計15で測定した流量

CLは加熱流体の比熱

$$FL_s = (H_2 - H_0) \times F_g / (T_0 - T_1) / FL \quad \dots (15)$$

図10に示す目標流量計算処理44bの構成を参照して、動作を説明する。

【0097】まず、目標エンタルピH2と初期エンタルピH0の減算を減算ブロック38aで計算し、続いて乗算ブロック38bで、下流流量Fgとの乗算を行い熱量Qsを算出する。減算器45の出力である、熱交換器入口温度T0と熱交換器出口温度T1の減算結果は、乗算ブロック38cに入力され、加熱流体比熱CLとの乗算を行う。この結果は、除算ブロック38dに入力し、前記演算結果であるQsとの除算を行い、第1の制御目標値である加熱流量目標値FLsを算出する。

【0098】一方、下流温度目標値T2sと下流温度T2は下流温度調節部46に入力され、下流温度調節部46は両信号の偏差に対応した制御信号を加算器47に出力する。加算器47では第1の制御目標値である前記加熱流量目標値FLsに前記制御信号を加えた値を、第2の制御目標値である新たな加熱流量目標値FLaとして、加熱流量調節部48に出力する。加熱流量調節部48では、加熱流量目標値FLaと加熱流量FLの偏差に対応して、加熱流量調節弁14に制御信号を出力し、加

付して引用する。

【0091】まず、制御すべき気体燃料の圧力と温度の目標値を、下流圧力設定器41と下流温度設定器42を用いて設定する。この設定された下流圧力目標値P2sに基づいて下流圧力調節部43は下流における流体条件の1つである下流圧力P2を所定値に制御する。これと並行して、目標エンタルピ計算処理部44aは、設定入力された下流圧力目標値P2と下流温度目標値T2から目標エンタルピH2を計算し、一方、初期エンタルピ計算処理部44cは加熱前圧力P0と加熱前温度T0から初期エンタルピH0を計算する。これらのエンタルピの計算方法は、第1の実施の形態で説明した関数ブロックを用いて行う。

【0092】続いて、目標流量計算処理部44bが熱交換器12に流すべき加熱流量目標値を算出するが、この計算方法について以下に説明する。

【0093】初期エンタルピH0が熱交換器12によって熱量Qsを与えられて、目標エンタルピH2になると考えれば、(13)式が成立する。

$$Q_s = (H_2 - H_0) \times F_g \quad \dots (13)$$

熱交換器前後において加熱流体が失う熱量と考えられるので、

従って、QsとQrが等しくなるような加熱流体の流量目標値FLsは(15)式で表わされる。

【0096】

熱流量を所定の値に制御する。

【0099】以上のように構成することにより、気体燃料の加熱前の圧力・温度に基づいて熱交換器に流すべき加熱流体流量を予め決定できるため、気体燃料を所定温度に迅速に制御することができる。

【0100】また、上記構成に加えて、下流温度T2に基づく補正をするように制御系を構成しているため、さらに下流温度を目標温度に精度良く制御することができる。

【0101】更に、本第3の実施の形態においては、下流温度T2に基づいて補正を行うように構成してあるが、第1の実施の形態と同様に構成することによって、上流温度T1に基づいて補正を行うようにしても良い。

【0102】尚、本実施の形態では、熱交換器を流れる加熱流体を制御することにより気体燃料の温度を制御するよう構成しているが、加熱流体に替えて冷却流体を流すなどの冷却手段によって気体燃料の温度を制御しても良く、この場合にあっても本実施の形態と同様に構成された装置で実現することができる。さらに、本発明に記載した、等エンタルピ変化プロセスにおける温度等の制

御方法に関わる技術は、熱交換器を使用しない、例えば、加熱流体と被加熱流体を混合させることで温度を制御する手段を有するプロセスについても適用することができるものである。

【0103】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、等エンタルピ変化プロセス通過前後の気体エンタルピが保存されることを利用して、温度制御すべき制御対象位置を減圧弁後の位置から熱交換器直後の位置に変更することが可能になるため、熱交換器と減圧弁が離れて配置されているような場合であっても温度制御上で問題とされる、気体が移動することに伴う遅れ時間の影響を最小限に抑えることが可能となり、安定した温度制御が可能となる。

【0104】また、本発明は等エンタルピ変化プロセス通過前に必要な熱交換量を定量化できるため、予め熱交換を実施するように制御することができるため、フィードバック制御により温度制御を行う場合と比較して、温度制御の応答性をより向上することができる。

【0105】さらに、本発明で用いるエンタルピ計算では、制御対象に関して複雑なモデル化を行ってそのモデルの特性変化を同定するなどの特別な処理が必要ないため、比較的単純な構成で装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】エンタルピH、圧力Pおよび温度Tの関係を模式的に示す図。

【図2】本発明の気体温度制御装置の第1の実施の形態を示す構成図。

【図3】本発明の気体温度制御装置において関数を折線近似で示す図。

【図4】本発明の気体温度制御装置において関数を温度と圧力のテーブルで示す図。

【図5】本発明の気体温度制御装置におけるエンタルピ計算処理部の構成を示す図。

【図6】本発明の気体温度制御装置における温度計算処理部の構成を示す図。

【図7】本発明の気体温度制御装置の第1の実施の形態の変形例を示す構成図。

【図8】本発明の気体温度制御装置の第2の実施の形態を示す構成図。

【図9】本発明の気体温度制御装置の第3の実施の形態を示す構成図。

【図10】本発明の気体温度制御装置における目標流量

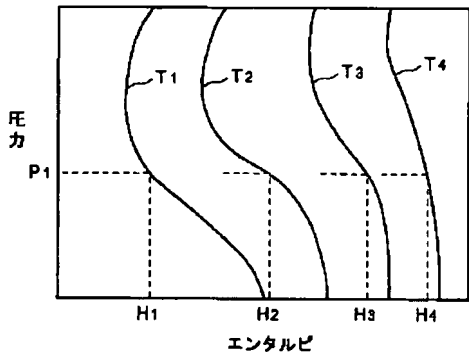
計算処理部の構成を示す図。

【図11】従来の気体温度制御装置の構成図。

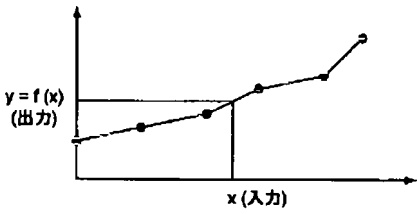
【符号の説明】

- 1…燃料ライン
- 2…加熱前温度計
- 3…加熱前圧力計
- 4…上流温度計
- 5…上流圧力計
- 6…減圧弁
- 7…下流温度計
- 8…下流圧力計
- 9…下流流量計
- 10…加熱ライン
- 12…熱交換器
- 15…加熱流量計
- 20…気体温度制御装置
- 21…下流圧力設定器
- 22…下流温度設定器
- 23…下流圧力調節部
- 24…エンタルピ算出処理部
- 24a…エンタルピ計算処理部
- 24b…温度計算処理部
- 25…上流温度調節部
- 26…加熱流量調節部
- 27…下流温度調節部
- 28…加算器
- 40…気体温度制御装置
- 41…下流圧力設定器
- 42…下流温度設定器
- 43…下流圧力調節部
- 44…エンタルピ算出処理部
- 44a…目標エンタルピ計算処理部
- 44b…目標流量計算処理部
- 44c…初期エンタルピ計算処理部
- 46…下流温度調節部
- 48…加熱流量調節部
- 51…気体燃料
- 52…減圧弁
- 53…温度計
- 55…温度制御装置
- 57…流量制御弁
- 58…熱交換器

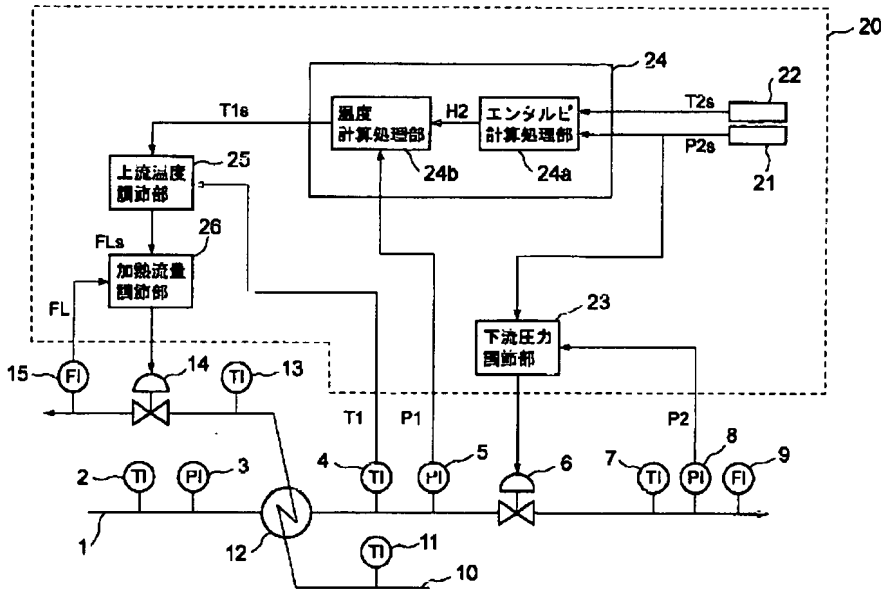
【図1】



【図3】



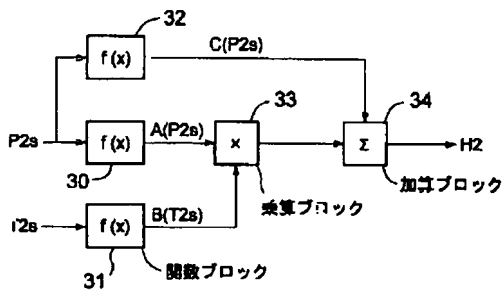
【図2】



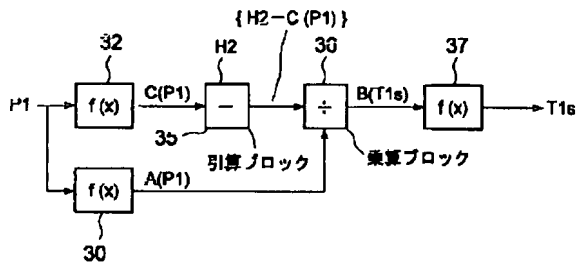
【図4】

	P			
	P0	P1	P2	P3
T0	H00	H10	H20	H20
T1	H01	H11	H21	H21
T2	H02	H12	H22	H22
T3	H03	H13	H23	H23

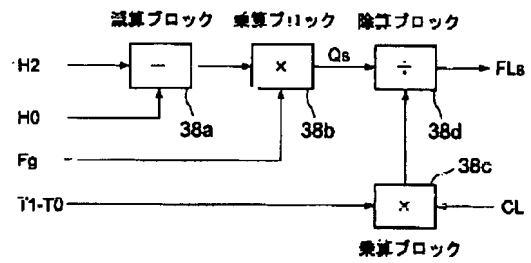
【図5】



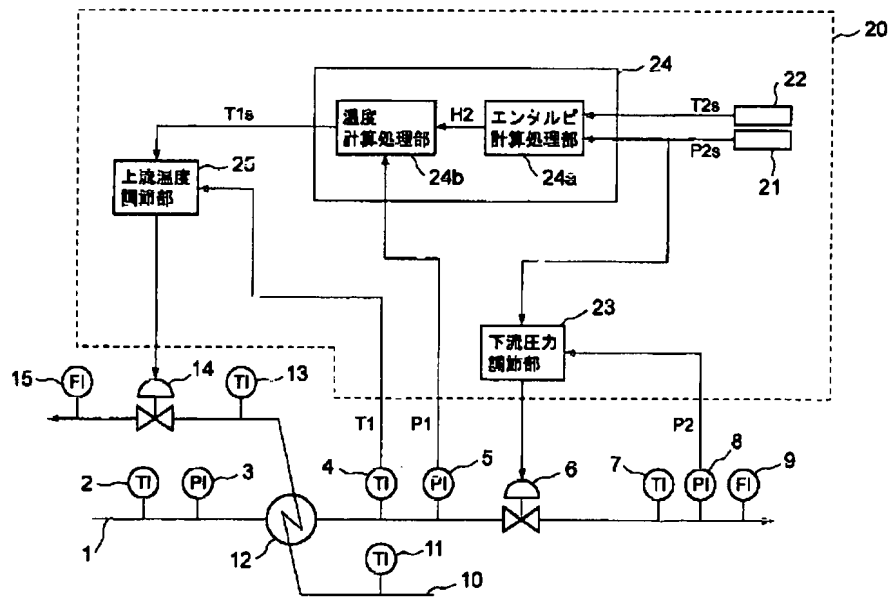
【図6】



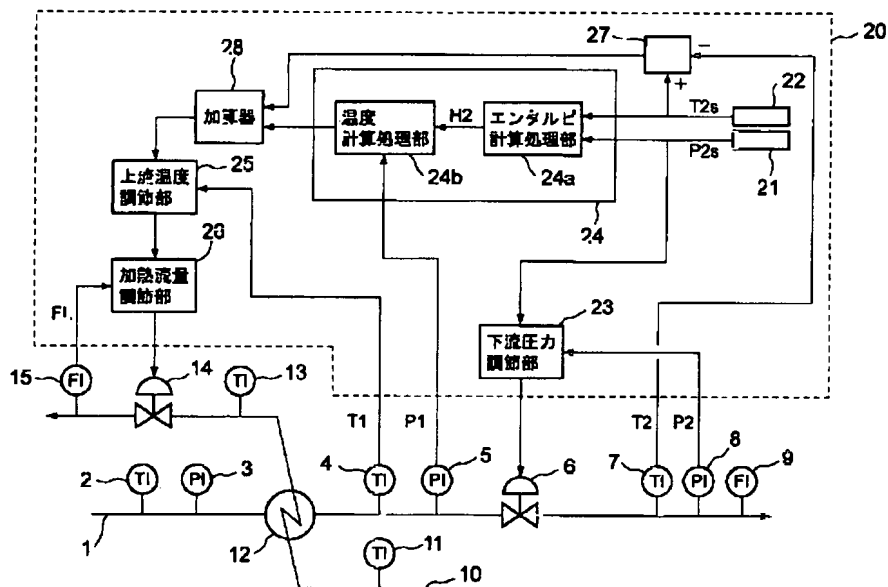
【図10】



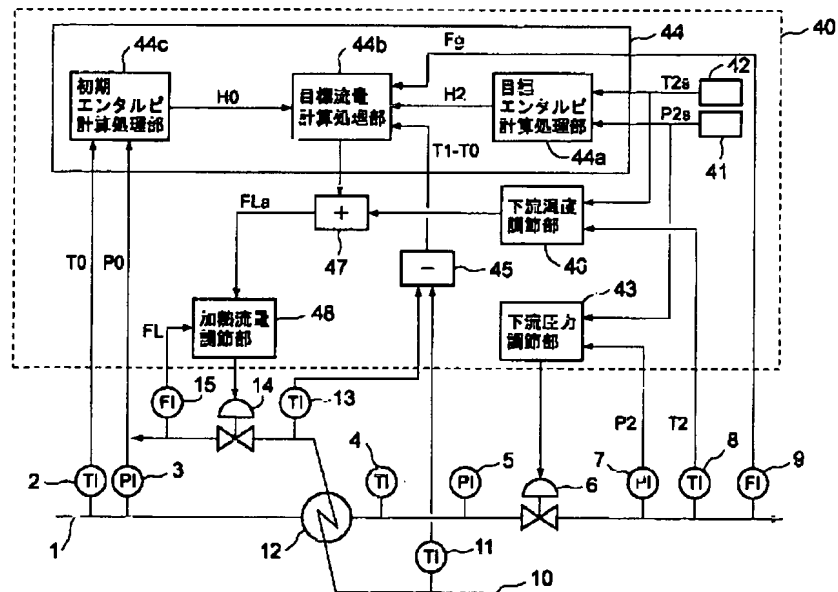
【図7】



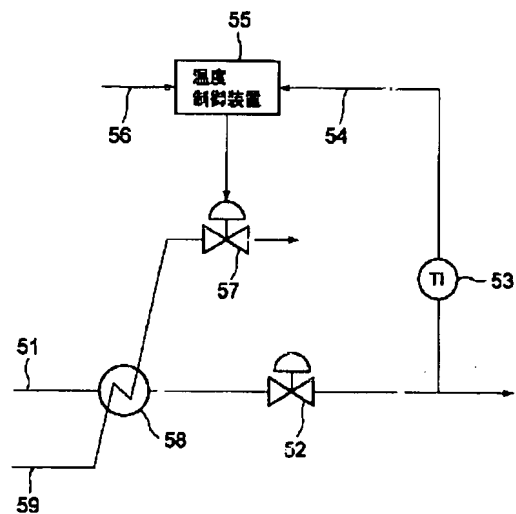
【図8】



【図9】



【図11】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H323 AA03 BB04 CA01 CB32 CB33
 CB35 DA04 DB15 EE04 FF01
 FF10 HH02 JJ01 JJ10 KK03
 KK07 LL12 LL14 MM06 NN03